

文章编号: 1003-1480 (2022) 03-0054-04

大射角条件下发射药药型对低温膛压的影响

刘喜柱¹, 韩秀娟¹, 武 健¹, 孙宏涛¹, 李小萍¹, 潘会平²

(1. 山西北方晋东化工有限公司, 山西 阳泉, 045000; 2. 北方特种能源集团有限公司, 陕西 西安, 710061)

摘 要: 针对某型迫弹发射装药在大射角条件下低温内弹道膛压超标的问题, 基于不同药型发射药的制造工艺和大射角条件下的低温燃烧规律, 研究了基本药管内装不同药型发射药对内弹道性能的影响, 并进行内弹道性能试验验证和适配性试验验证。结果表明: 在大射角条件下, 基本药管内装球扁形双基发射药在点火过程中发生低温脆裂, 导致发射装药燃烧不稳定, 膛压超标; 而基本药管内装方片形双基发射药低温燃烧稳定, 内弹道性能满足指标要求。迫弹发射装药基本药管采用方片形双基发射药不仅解决了大射角试验条件下低温内弹道膛压超标的问题, 还提高了发射装药结构的本质安全性。

关键词: 双基发射药; 基本药管; 大射角; 低温; 内弹道性能

中图分类号: TQ562 文献标识码: A DOI: 10.3969/j.issn.1003-1480.2022.03.012

Influence of Propellant Type on the Low-temperature Chamber Pressure at Large Firing Angle

LIU Xi-zhu¹, HAN Xiu-juan¹, WU Jian¹, SUN Hong-tao¹, LI Xiao-ping¹, PAN Hui-ping²

(1. Shanxi North Jindong Chemical Industry Co. Ltd., Yangquan, 045000; 2. North Special Energy Group Co. Ltd., Xi'an, 710061)

Abstract: Based on the excessive low-temperature interior ballistic chamber pressure of mortar bomb at large firing angle, the influence of different types of propellants in the ignition cartridge on the interior ballistic performance was studied, from the aspects of manufacturing technology and low-temperature combustion law at large firing angle. And the interior ballistic performance test and the adaptability test were carried out. The results show that the oblate double-base propellant in the ignition cartridge fractures during the ignition process, resulting in unstable combustion of propellant charge and excessive chamber pressure at large firing angle; however, the square double-base propellant burns stably at low temperature and the interior ballistic performance meets the index requirements. Therefore, the ignition cartridge of mortar bomb propellant charge adopts the square double-base propellant, which not only solves the failure of excessive low-temperature interior ballistic chamber pressure at large firing angle, but also improves the intrinsic safety of the propellant charge structure.

Key words: Double-base propellant; Ignition cartridge; Large firing angle; Low temperature; Interior ballistic performance

发射药是枪炮身管武器完成弹丸发射的能源, 其装药内弹道性能制约着武器的射程及威力, 对迫弹是否正常发射、飞行和可靠到达预定目标起着关键作用^[1]。国军标规定常规兵器定型靶场试验包含极限温度试验, 要求定型试验时要对定型兵器保温进行试验以

适应战场环境。而发射药的力学性能受初始温度的影响很大, 特别在低温条件下, 发射药容易变脆, 抗冲击和抗挤压的能力减弱, 从而导致内弹道性能异常^[2-4]。因此, 本研究基于某型迫弹大射角低温内弹道膛压超标故障, 多方面分析和探讨了基本药管内装发射

收稿日期: 2021-11-01

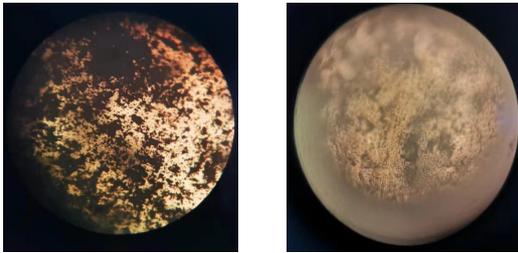
作者简介: 刘喜柱 (1974-), 男, 研究员级高级工程师, 从事发射装药技术研究。

药药型对该故障的影响,提出可行性方案并进行试验验证,以提高装药结构的本质安全性。

1 故障原因分析

1.1 不同药型发射药制造工艺

对比研究球扁形双基发射药及方片形双基发射药的基本性能,2种发射药配方及成分相同,既硝化棉67%,硝化甘油31%,中定剂1.8%,石墨0.2%,乙酸乙酯0.3%,水份0.3%等。球扁药热量4898J/g,片状药热量4865J/g,球扁药火药力 $1.13 \times 10^7 \text{Ndm} \cdot \text{kg}^{-1}$,片状药火药力 $1.16 \times 10^7 \text{Ndm} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。不同药型发射药的高倍显微镜图如图1所示。



(a) 球扁形双基发射药 (b) 方片形双基发射药

图1 不同药型发射药的高倍显微镜图

Fig.1 High magnification microscope for different types of propellants

图1(a)为球扁形双基发射药,该发射药的制造工艺为球形发射药碾压成形,发射药可能存在应力裂纹的问题^[5-6]。图1(b)为方片形双基发射药,该发射药制造工艺为模具成型,不存在因碾压带来的应力裂纹。

1.2 不同药型发射药的低温内弹道性能

1.2.1 炮膛压力测试系统

对不同药型发射药的低温内弹道性能开展研究。炮膛压力测试系统基于存储测试原理进行设计,由压电式压力传感器、电荷放大器、数据采集卡及上位机组成,如图2所示。该测试系统具有数据捕获率高、操作简单、重复试验快、可靠性高等优点,可实现炮膛压力测试的可靠工作。系统选用压电传感器,将压力信号转换成电信号,再经过电荷放大器将信号调理到适应A/D转换的要求。模拟信号经数据采集卡A/D转换后直接存储在计算机上,再进行数据的后续分析

处理、打印等工作。

1.2.2 低温内弹道性能

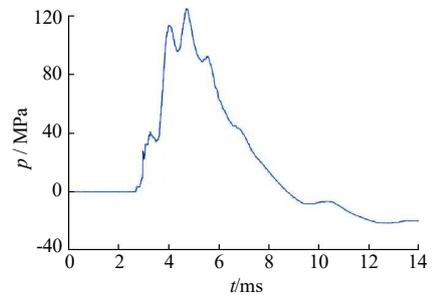
大射角条件下,基本药管内装不同药型发射药的低温内弹道性能试验 $p-t$ 压力曲线如图3所示。



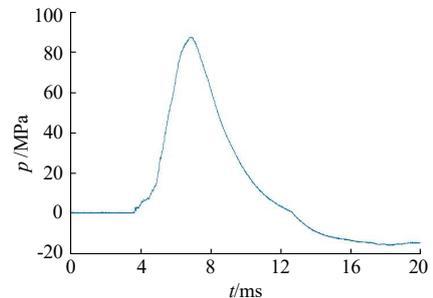
(a) (b)

图2 炮膛压力测试系统照片

Fig.2 Photo of the boring pressure test system



(a) 球扁形双基发射药



(b) 方片形双基发射药

图3 不同药型发射药的内弹道性能试验 $p-t$ 曲线

Fig.3 The $p-t$ curve of interior ballistic test for different types of propellant

由图3(a)可见:基本药管内装球扁形双基发射药的 $p-t$ 压力曲线出现了较大的波动现象,这主要是由于在大射角低温试验条件下,弹丸启动压力相对增大,发射药都堆积在药管下端,受冲击后产生低温脆裂,导致发射药燃烧不稳定,燃烧规律不满足火药层面几何燃烧定律,使得压力变化不再平缓。由图3(b)可见:基本药管内装方片形双基发射药在大射角低温试验状态下燃烧稳定,燃烧规律满足火药层面几何燃烧定律,压力变化平缓,

$p-t$ 压力曲线没有出现波动现象。由此可见,在大射角低温试验条件下,基本药管内装发射药药型会对某型迫弹内弹道膛压产生影响。

基本药管结构为中心点传火方式,发射药在中心管与管壳间呈环形分布,通过摸底试验调节传火管传火孔孔距及数量,对中心点传火结构进行优化,确保燃烧过程中燃气传播路径的稳定性,使得点火火焰从中心管均匀分布的传火孔瞬时全面点火。经过内弹道性能试验验证,采用球扁形双基发射药依然存在低温压力曲线的波动现象;而采用方片形双基发射药后,低温压力曲线恢复正常,内弹道性能稳定,再次表明在大射角低温试验条件下,基本药管内装发射药药型会对某型迫弹内弹道膛压产生影响。

1.3 原因分析

火药在炮膛内燃烧遵循层面几何燃烧定律,根据火炮内弹道性能的要求,要在有限长的炮管和不太高的最大压力条件下使弹丸获得较高的初速,且火药在射击过程中应燃烧稳定,使膛内压力的变化比较平缓。若发射装药燃烧不稳定,则压力的变化不再平缓,压力曲线出现较大波动。

基本药管用球扁形双基发射药可能存在因碾压成形带来的应力裂纹,在大射角低温试验条件下,弹丸启动膛压增大 5MPa 左右,加之基本药管中的发射药在大射角射击时都堆积在药管下端,受冲击后会产生低温脆裂,引起发射药燃烧不稳定,从而导致装药异常燃烧,出现膛压超标故障^[7-8]。

基于以上分析,在大射角试验条件下,基本药管内装球扁形双基发射药低温燃烧不稳定,可能会造成某型迫弹膛压超标。

2 试验验证

2.1 内弹道性能试验验证

为了验证大射角试验条件下,基本药管内装不同药型发射药对某型迫弹低温内弹道膛压的影响,基本药管装药分别采用球扁形双基发射药和方片形双基发射药进行内弹道性能试验。由于基本药管中发射药药量只占总发射装药药量的 6.2%,存在基本药管装

药量少、低温点火能量不足的问题,不能瞬时全面点燃低温状态的附加装药,从而导致装药燃烧不完全。因此,为保证基本药管点火能量,将基本药管中发射药药量增加 1.5g 进行内弹道性能试验,试验结果见表 1。

表 1 不同药型发射药的内弹道性能对比结果
Tab.1 Comparison results of interior ballistic performance for different types of propellant

基本药管发射药药型	药量 /g	射角 /°	温度 /°C	平均膛压 /MPa	技术指标 /MPa	结果
球扁形双基发射药	m	70	-40	124.0	平均	超标
球扁形双基发射药	$m+1.5$	70	-40	129.5	最大	超标
方片形双基发射药	$m+1.5$	70	-40	109.8	膛压 $p \leq 120$	满足指标

由表 1 可知,基本药管装药采用球扁形双基发射药时,在大射角低温试验条件下膛压超标,这主要是由于点火猛度增大,点火冲量过大,造成发射装药低温燃烧不稳定;而采用方片形双基发射药时,在大射角试验条件下,发射药低温燃烧稳定,内弹道性能满足指标要求。因此,可以判定在大射角试验条件下,基本药管内装发射药药型会对某型迫弹低温内弹道膛压造成影响。基于故障分析,基本药管的点传火稳定性是迫弹发射装药内弹道性能稳定性的关键技术,同时,尾管压的一致性和稳定性也是保证弹丸尾管安全性的关键技术。因此,采用方片形双基发射药进行了基本药管尾管压高、低、常温试验,试验结果如表 2 所示。

表 2 方片形双基发射药在不同温度下尾管压试验结果
Tab.2 The test results of tail pressure of ignition cartridge with square double-base propellant at different temperatures

药型	药量 /g	温度 /°C	上测压孔平均压力 /MPa	下测压孔平均压力 /MPa	上下孔平均压力差 /MPa
方片形双基发射药	$m+1.5$	15	67.2	64.5	2.7
	$m+1.5$	+50	71.1	68.9	2.2
	$m+1.5$	-40	72.0	71.4	0.6

由表 2 可知,基本药管内装方片形双基发射药的尾管压为 70MPa 左右,尾管压稳定,且上下压力基本一致,无明显波动现象。因此,基本药管采用方片形双基发射药不仅解决了膛压超标的问题,还提高了装药结构的本质安全性。

2.2 适配性试验验证

将基本药管中的球扁形双基发射药更换为方片形双基发射药,两种发射药的配方、成分完全相同,

基本药管的装药结构一致。为保证基本药管点火能量,将药量定为 $(m+1.5)$ g,在靶场进行了某型迫击炮火箭增程弹适配性验证试验和发射装药低温 80° 射角内弹道性能验证试验,试验结果见表3。由表3可知:该发射装药适配于某型迫击炮火箭增程弹,且内弹道性能稳定,满足指标要求。

表3 发射装药适配性验证试验及内弹道性能试验结果

Tab.3 Test results of adaptability verification and interior ballistic performance of propellant charge

弹种	射角/ $^{\circ}$	温度/ $^{\circ}$ C	平均膛压/MPa	结果
火箭增程	70	15	91.2	满足指标
	80			
火箭增程	80	-40	83.6	满足指标
杀爆迫弹	80	-40	103.8	满足指标

3 结论

(1) 大射角试验条件下,基本药管内装发射药药型会对迫弹低温内弹道膛压造成影响。

(2) 基本药管内装球扁形双基发射药,在大射角试验条件下发生低温脆裂,导致发射装药燃烧不稳定,造成低温内弹道膛压超标的故障, $p-t$ 曲线出现压力峰波动现象。

(3) 基本药管内发射药采用方片形双基发射药,通过中心点传火结构的优化设计,使得平均最大膛压 $p \leq 120$ MPa,不仅解决了大射角试验条件下低温内弹

道膛压超标的问题,还使基本药管尾管压更加稳定(尾管压为70MPa左右),上下压力基本一致。该方案解决了制式产品存在的由于尾管压跳动大而导致尾管炸裂留膛的致命缺陷,提高了装药结构的本质安全性。

参考文献:

- [1] 王泽山,何卫东,徐复铭.火炮发射装药设计原理与技术[M].北京:北京理工大学出版社,2014.
- [2] 姜波,齐杏林,崔亮,等.发射装药保温时间仿真计算[J].火工品,2010(3): 47-50.
- [3] 胡照.弹药发射安全性研究[J].中国高新技术,2019(13): 46-47.
- [4] 芮筱亭,冯宾宾,王燕,等.发射装药发射安全性评定方法研究[J].兵工学报,2015,36(1): 1-11.
- [5] 赵强,刘波,刘少武,等.降低发射装药弹道温度系数技术的国内外研究进展[J].火炸药学报,2019,42(6): 540-547.
- [6] 堵平,王泽山.发射药内部微结构及其力学性能各向异性研究[J].南京理工大学学报(自然科学版),2009,33(5): 696-699.
- [7] 陈敏.某机枪弹低温性能优化研究[J].火炸药学报,2002(2): 63-65.
- [8] 贡来峰,芮筱亭,陈涛.一种平衡抛射单兵反装甲武器发射装药低温发射安全性分析[J].兵工学报,2010,31(4): 429-433.